

FEM による F F U 積層梁の曲げ変形挙動の解析

錢高組 土木本部 正會員 青柳計太郎
 長岡技術科学大学 正會員 丸山久一

1. はじめに

F F U (Fiber Reinforced Foamed Urethane) とはガラス繊維と発泡硬質ウレタンにより構成された複合材である。本研究は F F U からなる積層梁の曲げ変形について実験値と FEM 解析値を比較検討したものである。

2. 實驗概要

2. 1 試験体と試験方法

試験体の形状と寸法をそれぞれ図-1、表-1
に示す。図-2に載荷方法と変位計の位置を示す。

2. 2 試驗結果

図-3 に全試験体のひび割れパターンを示す。

表-2 に試験結果の一覧を示す。

本試験では FRP 積層梁の破壊様式は次の 4 パターンに分けることができる。

① 2-XY、3-XYに見られるパターンである。初期ひび割れはX層に挟まれたY層に斜めひび割れが発生し、荷重の増大に伴い斜めひび割れの数が増える。終局はX層にガラス繊維に沿った水平方向のひび割れが発生し、耐力が急激に低下し破壊した。

② 2-YX, 3-YX に見られる π^* タンである。初期ひび割れは①と同様、X層に挟まれたY層に斜めひび割れが発生する。荷重の増大に伴いY層に曲げひび割れの発生を伴い、変形のみ増大して終局に至った。

③3-XYS に見られるパターンである。低い荷重レベルから変形が進み、上段X層にガラス繊維に沿った水平ひび割が発生し、急激に耐力が低下して破壊した。Y層には斜めひび割れも曲げひび割れも見られない。

④ 3-YXSに見られるパターンである。各段のY層に曲げひび割れのみが発生し、著しく変が増大して終局に至る。ひび割れパターンに関して、すべての試験体に共通して見られることは次の4点である。①X層の曲げひび割れは見られない。②Y層に発生した斜めひび割れはX層に進展しない。③接着面で剥離は見られない。④受圧ヘッドにひび割れは発生しない。

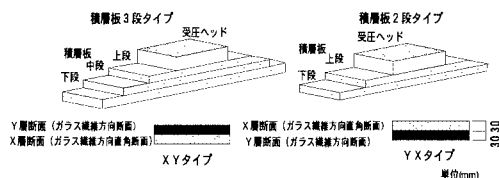


図-1 試験体の形状

表-1 試験体の寸法

試験体名	受圧ヘッド (長さ×幅×高さ)	間隙板 (長さ×幅×高さ)		
		上段	中段	下段
2-XY	550×300×90	950×300×60		1250×300×60
2-YX				
3-XY				
3-YX	500×300×90	800×300×60	1200×300×60	1600×300×60
3-XYs				
3-YXs				

(mm)

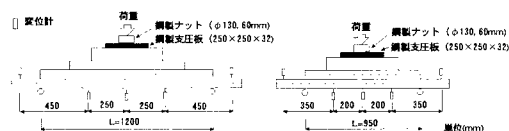


図-2 曲げ試験方法

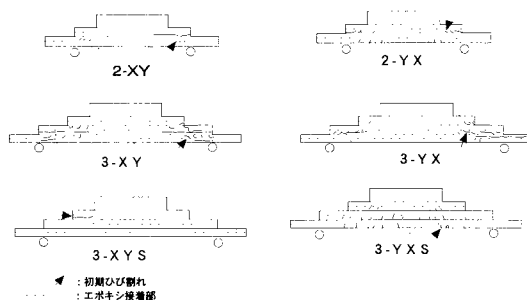


図-3 ひび割れパターン

キーワード：FFU、直交異方性弾性体、積層梁、FEM

連絡先 (東京都千代田区一番町 3-1 TEL03-5210-2325 FAX 03-5210-2352)

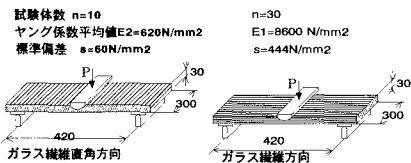


図-4 FRPの曲げ試験

3. 解析

弾性域での曲げ変形を直交異方性弾性体として

FEM により解析する。この時の弾性

係数はガラス繊維方向のヤング係数 E_1 とガラス繊維直角方向のヤング係数 E_2 、

E_3 の値は図-3.5 に示される
JISZ2101 木材の曲げ試験の結果か

ら求めた。なお、ここでは $E_2=E_3$ とし、試験結果の平均値 E_1

$$=8600\text{N/mm}^2, E_1=E_2=620\text{N/mm}^2$$

を用いる。ポアソン比は $\nu_{12}=\nu_{21}=$

 $\nu_{31}=0.25$ と仮定する。 ν_{21} 、 ν_{32} 、 ν_{12} の値は弾性定数の対称性から得

られる。FRP のせん断弾性係数 G_1 、 G_2 、 G_3 の値は図-5 に示されるせん

断試験から得られた荷重一変位曲線
と FEM 解析値との比較検討し、

実験値に一致するせん断弾性係数の値を用いた。この FEM 解析には前記

のヤング係数とポアソン比を用いた。ここでは、 $G_1 = G_2 = 392 \text{ N/mm}^2$ 、 $G_3 = 172 \text{ N/mm}^2$

した時に実験値と良く一致しこの値
いた。なお、3-XYs と 3-YXS の解

ルは接触面で2節点を設け、それぞれ鉛直方向の変位が同じになるように

した。水平変位は自由として解析し、図-6 に全ての試験体について FEM

値と実験値の比較を示す。同図に示るように実験値と解析値は良く一致

方向のヤング係数の値が支配的な要素
られる。

4 結論

今後、汎用的な構造部材として使

3、ホ°アリン比の値について検討が必要

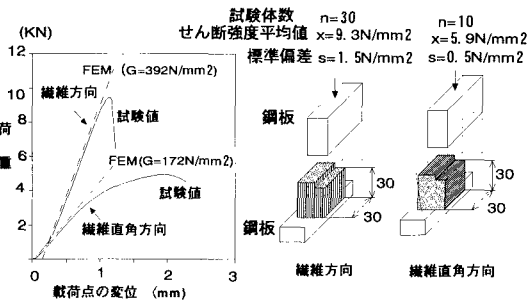


図-5 FRPのせん断試験

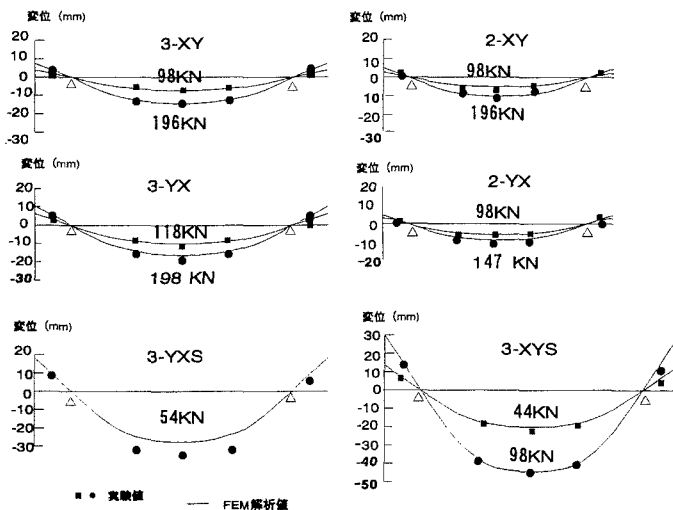


図-6 FEM解析値と実験結果

表-2 試驗結果一覽表

試験体名	ひび割れ発生時						終局荷重時				
	Per (μm)	Mer (μm)	Q17 (mm)	δ erL (mm)	Per/δ er (mm)	Pu (kN)	δ u (mm)	δ u (mm)	δ u/L (mm)		
2-YX	233	56	117	20.5	0.02	1.16	268	64	134	32.8	0.03
2-YX	139	33	70	13.2	0.01	1.08	201	48	101	45.6	0.05
3-YX	244	73	122	19.4	0.02	1.28	294	98	147	40.0	0.03
3-YX	177	53	89	17.9	0.01	1.01	208	62	104	70.3	0.06
3-YXS	158	47	79	92.8	0.08	0.17	171	52	86	99.5	0.08
3-YXS	49	15	25	27.9	0.02	0.18	142	43	71	126.7	0.11

 P_{cr} : ひび割れ発生時荷重

M_{cr} : ひび割れ発生時最大曲げモーメント

Q_{cr} : ひび割れ発生時せん断力

P_u : 終局時荷重

Mu: 終局時最大曲げモーメント

Qu: 終局時せん断力 δ cm

L: スパン長

 δu : 終局時スパン中央位置の変位

ひ割れ発生時スパン中央位置の変位